

## Αποκλίσεις των εκτιμήσεων όγκου και αξίας των δένδρων υλοτομίας στο Πανεπιστημιακό Δάσος Περτουλίου

Ιωάννης Παπαδόπουλος<sup>1</sup>, Γεώργιος Σταματέλλος<sup>2</sup>, Νικόλαος Στάμου<sup>3</sup>

### Περίληψη

Οι ακριβείς εκτιμήσεις του όγκου και της αξίας των δένδρων που πρόκειται να υλοτομηθούν στο δάσος συνδέονται άμεσα με την επιτυχή εφαρμογή του διαχειριστικού σχεδίου και αποτελούν ουσιαστική βάση για ρεαλιστικές οικονομικές πολιτικές. Σ' ένα μεγάλο δείγμα δένδρων υλοτομίας, τριών δασικών τμημάτων του Πανεπιστημιακού Δάσους Περτουλίου εκτιμήθηκαν οι αποκλίσεις όγκου και αξίας των δένδρων κατόπιν εφαρμογής του μαζοπίνακα Οικονομόπουλου και βρέθηκαν σημαντικές. Από τα ίδια δεδομένα και με τη μέθοδο της σταθμισμένης γραμμικής παλινδρόμησης εκτιμήθηκαν δύο αποτελεσματικά μοντέλα πρόβλεψης του όγκου.

**Λέξεις κλειδιά:** Ξυλώδης όγκος, αξία δένδρων, δένδρα υλοτομίας ελάτης, μοντέλα πρόβλεψης, Πανεπιστημιακό Δάσος Περτουλίου

### 1. Εισαγωγή

Στα πλαίσια του διαχειριστικού σχεδίου των δασικών εκμεταλλεύσεων καθορίζεται ο ξυλώδης όγκος, ο οποίος πρέπει να υλοτομηθεί περιοδικά και σε συγκεκριμένα έτη από το δάσος. Ο όγκος αυτός συνδέεται κυρίως με τις βιολογικές – δασοκομικές συνθήκες του δάσους και δευτερευόντως με τις τεχνικές – οικονομικές συνθήκες, οι οποίες καθορίζουν την αποδοτικότητα της εκμετάλλευσης. Ο ξυλώδης όγκος προέρχεται κυρίως από τα δένδρα υλοτομίας τα οποία προσημαίνονται με καθορισμένα κριτήρια και σύμφωνα με τους σκοπούς της εκμετάλλευσης. Η ακρίβεια της εκτίμησης του όγκου των δένδρων υλοτομίας είναι πρωταρχικής σημασίας για την ισορροπία, τη διατήρηση και αειφορία του δασικού οικοσυστήματος. Ο ακριβής δε προσδιορισμός της αξίας των ισταμένων δένδρων αποτελεί ουσιαστική βάση για ρεαλιστικές οικονομικές πολιτικές και τη λήψη των σχετικών αποφάσεων. Μια οικονομική εκτίμηση του όγκου των δένδρων γίνεται από υπάρχοντες μαζοπίνακες και στη συνέχεια μπορεί να εκτιμηθεί η αξία του με συναρτήσεις απόδοσης σε διάφορα προϊόντα ξύλου.

Στη διαχείριση του Πανεπιστημιακού Δάσους Περτουλίου (ΠΔΠ), η εκτίμηση του όγκου γίνεται με εφαρμογή του μαζοπίνακα Οικονομόπουλου (μΟι) (Τ.Δ.Δ.Π.Δασών 1998), ο οποίος καταρτίστηκε το 1964 και δεν συνοδεύεται από μέτρα για την προσαρμογή και εγκυρότητά του. Φαίνεται επίσης, ότι στην κατάρτιση του μαζοπίνακα αυτού δεν πάρθηκε υπόψη η ανομοιογένεια της διακύμανσης του όγκου (Μάτης 1986). Από τα παραπάνω αναφερόμενα προκύπτει ότι θα παρουσίαζε ενδιαφέρον για την πράξη η μελέτη όλων αυτών των εκτιμήσεων που στηρίζονται άμεσα ή έμμεσα στην εφαρμογή του μΟι και των συνεπειών που προκύπτουν από την εφαρμογή αυτή.

Σκοπός της έρευνας είναι αφενός ο προσδιορισμός και η αξιολόγηση των αποκλίσεων του όγκου και της αξίας των δένδρων υλοτομίας, όπως αυτές προκύπτουν με την εφαρμογή του μΟι και αφετέρου η εκτίμηση απλών και χαμηλού κόστους μοντέλων πρόβλεψης όγκου των προς υλοτομία δένδρων.

### 2. Υλικά και μέθοδος

Τα στοιχεία πάρθηκαν από τα δασικά τμήματα 103, 105 και 520 των ορειογραφικών μονάδων «Μπράικο» και «Λύξα» του ΠΔΠ. Ένα μεγάλο δείγμα 200 (24,06%) προσημασμένων δένδρων ελάτης επιλέχθηκε τυχαία. Ο όγκος αυτών υπολογίστηκε μετά τη ρίψη του στο έδαφος κατά τη διάρκεια των εργασιών συγκομιδής

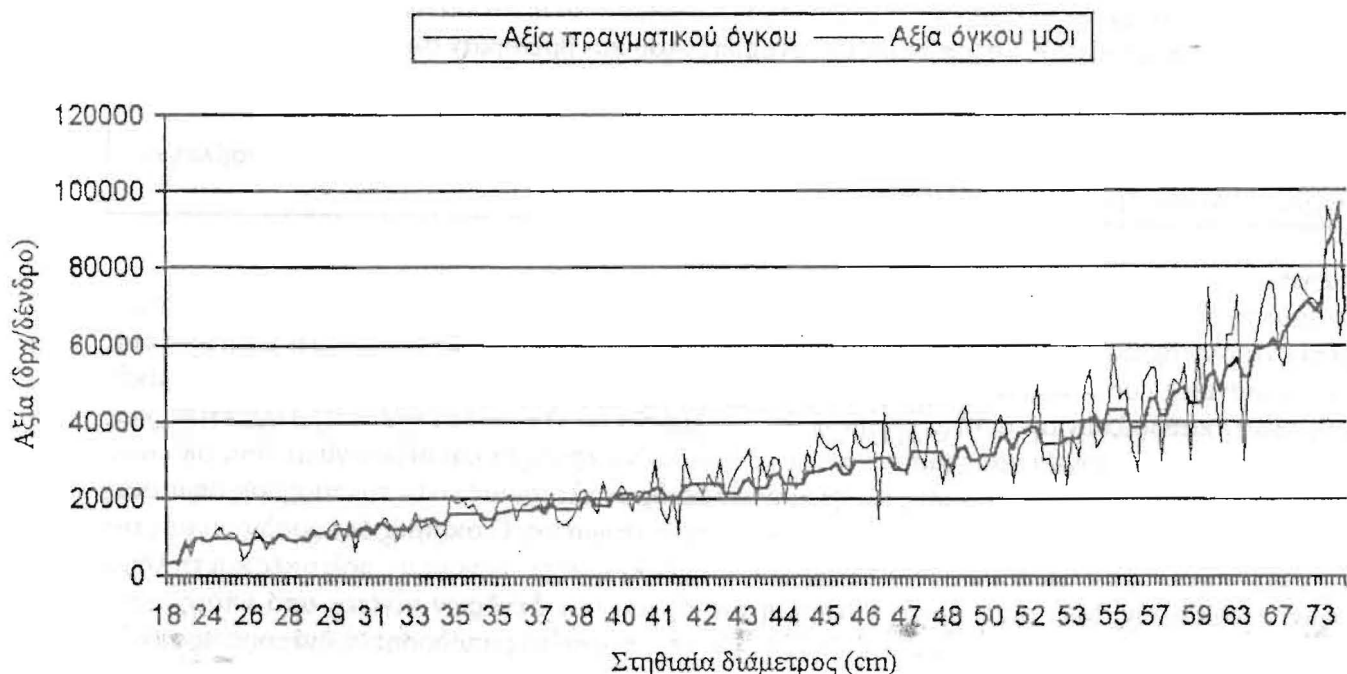
<sup>1</sup> Πανεπιστημιακό Δάσος Περτουλίου, 42032 Περτούλι Τρικάλων

<sup>2</sup> Εργαστήριο Δασικής Βιομετρίας, Τμήμα Δασολογίας & Φ.Π., Α.Π.Θ. 54006 Θεσ/νίκη

<sup>3</sup> Εργαστήριο Δασικής Οικονομικής, Τμήμα Δασολογίας & Φ.Π., Α.Π.Θ. 54006 Θεσ/νίκη

του ξύλου το έτος 1999. Για το σκοπό αυτό μετρήθηκαν με ακρίβεια δεκάτου, το ολικό ύψος σε μέτρα (m) και οι έμφλοιες διάμετροι σε εκατοστά (cm) ανά ένα μέτρο από 0,30 μέχρι 20,30 m ύψος και ανά δύο μέτρα για τα μεγαλύτερα ύψη δένδρων. Τα δένδρα παχυμετρήθηκαν και ως ιστάμενα για έλεγχο.

Ο «αληθινός» όγκος (V) του κορμού των δένδρων υπολογίστηκε με τον τύπο του Smalian εκτός του κορυφοτεμαχίου που ογκομετρήθηκε ως κώνος (Μάτης 1994, Philip 1994), ενώ μια εκτίμηση του όγκου ( $V_{\mu}$ ) έγινε με τον  $\mu\text{Οι}$  (Οικονομόπουλος 1964). Με βάση τις δύο τιμές του όγκου V,  $V_{\mu}$  και χρησιμοποιώντας συναρτήσεις απόδοσης σε προϊόντα ξύλου (Παπαδόπουλος 1997) εκτιμήθηκαν αντίστοιχα δύο αξίες W και  $W_{\mu}$  των δένδρων (Σχήμα 1), υποθέτοντας την ίδια απόδοση σε στρόγγυλη ξυλεία και στις δύο περιπτώσεις και χρησιμοποιώντας τις μέσες τιμές διάθεσης όλων των παραγόμενων δασικών προϊόντων του ΠΔΠ για το έτος 1999. Ως απόκλιση όγκου ορίζεται η διαφορά  $\delta V_i = V_{\mu_i} - V_i$  και ως απόκλιση αξίας των δένδρων η  $\delta W_i = W_{\mu_i} - W_i$ , όπου  $i = 1, 2, \dots, n$  με n το πλήθος των δένδρων.



Σχήμα 1. Αξία πραγματικού και εκτιμημένου με  $\mu\text{Οι}$  όγκου δένδρου κατά στηθιαία διάμετρο.  
Figure 1. Value per tree and estimated tree volume by  $\mu\text{Οι}$  in connection with breast diameter.

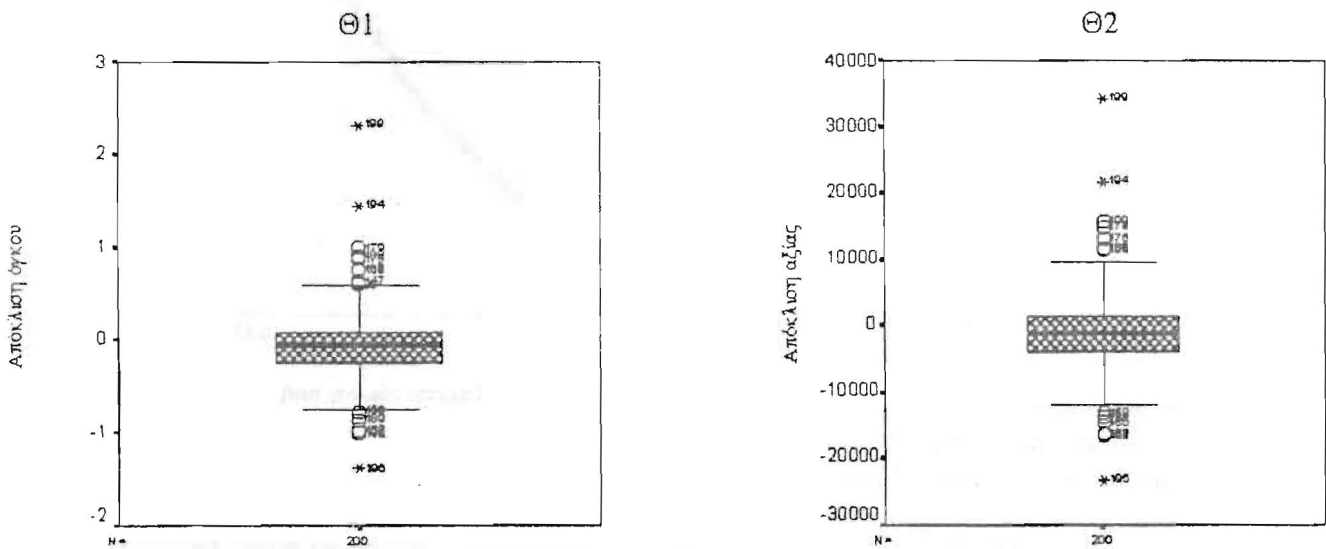
Για μια πλήρη περιγραφή και ανάλυση των μεταβλητών  $\delta V$  και  $\delta W$  εφαρμόστηκε η Διερευνητική Ανάλυση Δεδομένων (Tuckey 1977, Hoaglin et al. 1985). Με τα θηκογράμματα της ανάλυσης ανιχνεύονται ακρότατες τιμές (extreme values) και αποκαλύπτεται η διασπορά των μεταβλητών. Ένας οπτικός έλεγχος της κανονικότητας των κατανομών έγινε κατ' αρχήν με τα κανονικά Q-Q γραφικά, ενώ η τελική σχετική απόφαση πάρθηκε με τον έλεγχο Lilliefors (Copover 1980). Για να διαπιστωθεί αν υπάρχει αυτοσυσχέτιση μεταξύ των παρατηρήσεων έγινε έλεγχος αυτοσυσχέτισης μέσω των γραφημάτων της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης (Μπόρα - Σέντα και Μωυσιάδης 1990). Οι προαναφερόμενοι έλεγχοι είναι απαραίτητοι διότι από τα αποτελέσματά τους θα εξαρτηθεί ποια μέθοδος στατιστικού συμπεράσματος θα εφαρμοστεί. Η αξιολόγηση των αποκλίσεων έγινε με τον μη παραμετρικό έλεγχο του Wilcoxon (Copover, 1980). Μια πληρέστερη περιγραφή των αποκλίσεων κατά κλάσεις διαμέτρου δίνεται με τα αντίστοιχα θηκογράμματα.

Εκτιμήθηκαν δύο αποτελεσματικά μοντέλα πρόβλεψης του όγκου των δένδρων υλοτομίας, εκ των οποίων το ένα [ $V = f(d)$ ] δίνει τον όγκο ως συνάρτηση της στηθιαίας διαμέτρου και το δεύτερο [ $V = g(V_{\mu})$ ] διορθώνει τις εκτιμήσεις του όγκου που προκύπτουν από την εφαρμογή του  $\mu\text{Οι}$ . Στη δημιουργία των μοντέλων πάρθηκε υπόψη η ανομοιογένεια της διακύμανσης του όγκου, αφού εν τω μεταξύ διαπιστώθηκε αυτή με βάση τα ανάλογα γραφικά, και εφαρμόστηκε η σταθμισμένη γραμμική παλινδρόμηση (Μάτης 1994, William et al. 1992, Schreuder and Williams 1998). Μεταξύ των εκθετών των συναρτήσεων βάρους επιλέχθηκαν εκείνοι που

μεγιστοποιούν την log-likelihood συνάρτηση (Norusis 1997). Για την σύγκριση των δύο μοντέλων υπολογίστηκε ο δείκτης του Furnival (Μάτης 1986). Στη συνέχεια το αρχικό δείγμα (n = 197) χωρίστηκε τυχαία σε δύο υπο-δείγματα (n<sub>1</sub> = 99, n<sub>2</sub> = 98) και τα μοντέλα αξιολογήθηκαν με την τεχνική cross-validation (Moran 1972, Snee 1977, Pandey et al. 1999). Η τεχνική αυτή αξιολογεί και επιλέγει μοντέλα μέσω των σφαλμάτων πρόβλεψης χρησιμοποιώντας διαφορετικά δεδομένα από εκείνα με τα οποία κατασκευάζονται τα μοντέλα.

**3. Αποτελέσματα**

Τα θηκογράμματα των αποκλίσεων όγκου και αξίας από την εφαρμογή της Διερευνητικής Ανάλυσης Δεδομένων φαίνονται στο Σχήμα 2. Ανιχνεύτηκαν τρεις ακρότατες τιμές, οι ίδιες σε κάθε απόκλιση, οι οποίες και αφαιρέθηκαν από τα δεδομένα.



Σχήμα 2. Θηκογράμματα των αποκλίσεων όγκου (Θ1) και αξίας (Θ2)  
 Figure 2. Boxplots of volume deviations ( Θ1) and value deviations (Θ2).

Στον πίνακα I, παρουσιάζονται τα στατιστικά μέτρα των μεταβλητών d, V, W, δV και δW από τα αρχικά και τα τελικά μετά την αφαίρεση των ακρότατων τιμών δεδομένα.

**Πίνακας I.** Στατιστικά μέτρα του αρχικού (1) και του μειωμένου δείγματος (2) για τη διάμετρο, τον όγκο, της εκτίμησης του όγκου, της αξίας, της εκτίμησης της αξίας, τις αποκλίσεις όγκου και αξίας των δένδρων υλοτομίας \*.

**Table I.** Statistics meters of primary (1) and reduced sample (2) for the diameter, the volume, the volume estimation, the value, the value estimation, the volume deviations, the value deviations of cutting trees \*.

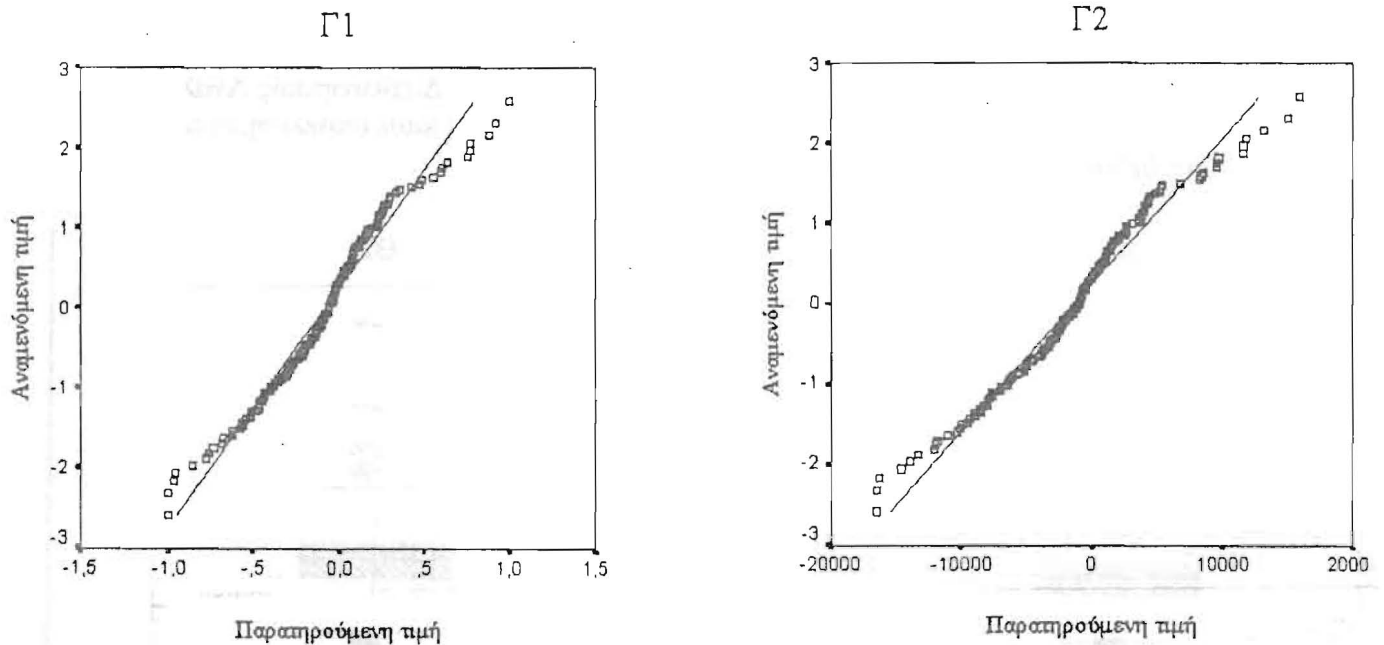
Μεταβλητή	Ελάχιστη τιμή		Μέγιστη τιμή		Μέσος όρος		Τυπική απόκλιση	
	1	2	1	2	1	2	1	2
d	18,20	18,20	84,00	84,00	43,91	43,53	13,00	12,65
V	0,19746	0,19746	6,91666	6,91666	1,77491	1,74790	1,22976	1,21150
Vμ	0,23947	0,23947	6,51074	6,51074	1,70678	1,66664	1,15507	1,10016
W	2907	2907	95923	95923	29134	28732	18691	18396
Wμ	3045	3045	96463	87876	27909	27321	17166	16407
ΔV	-1,38419	-1,00319	2,31601	0,99165	-0,06810	-0,08126	0,40153	0,33753
ΔW	-23139	-16491	34314	15786	-1225	-1411	6398	5472

\* d=στηθιαία διάμετρος σε cm,  
 W= αξία δένδρου σε δραχ  
 δv= απόκλιση όγκου σε m<sup>3</sup>

V=όγκος δένδρου σε m<sup>3</sup>  
 Wμ= εκτίμηση αξίας δένδρου σε δραχ  
 δw= απόκλιση αξίας σε δραχ

Vμ= εκτίμηση όγκου δένδρου σε m<sup>3</sup>

Τα κανονικά Q-Q γραφήματα στο Σχήμα 3 δείχνουν αποκλίσεις των δύο μεταβλητών από την ευθεία γραμμή, πράγμα που σημαίνει έλλειψη κανονικότητας την οποία επιβεβαιώνει και ο έλεγχος Lilliefors. Οι αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των παρατηρήσεων ήταν ασήμαντες ή ελάχιστα σημαντικές. Λόγω μη κανονικότητας των κατανομών εφαρμόστηκε το μη παραμετρικό κριτήριο του Wilcoxon, η σημαντικότητα του οποίου ήταν 0,000 και στις δύο αποκλίσεις (Πίνακας II). Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται τα θηγογράμματα των  $\delta V$  και  $\delta W$  κατά κλάσεις διαμέτρου, όπου φαίνεται η ανομοιογένεια της διακύμανσης των αποκλίσεων.



Σχήμα 3. Γραφικά κανονικής πιθανότητας των αποκλίσεων όγκου (Γ1) και αξίας (Γ2).

Figure 3. Normal probability plots of volume (Γ1) and value (Γ2) deviations.

Πίνακας II. Έλεγχοι κανονικότητας (Lilliefors) και υπόθεσης μηδενικών αποκλίσεων (Wilcoxon) όγκου και αξίας των δένδρων υλοτομίας.

Table II. The normality's control (Lilliefors) and the zero deviations hypothesis (Wilcoxon) of volume and value of cutting trees.

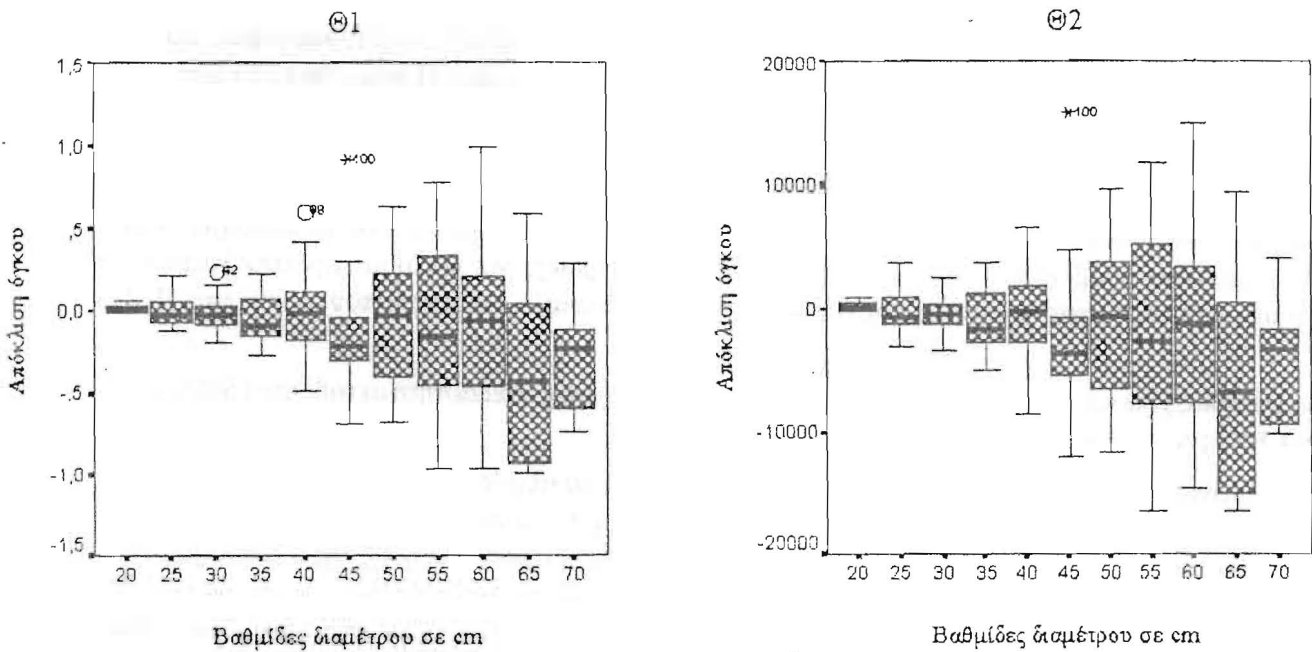
Μεταβλητή	Έλεγχος Lilliefors			Έλεγχος Wilcoxon	
	Τιμή στατιστικού	Βαθμοί ελευθερίας	Στατιστ. Σημαντ.	Z-τιμή	Ασυμπτ. σημαντικ.
Απόκλιση όγκου ( $\delta V$ )	0,080	197	0,004	-3,770	0,000
Απόκλιση αξίας ( $\delta W$ )	0,072	197	0,014	-3,885	0,000

Οι εκτιμήσεις των παραμέτρων  $b_p$ , ο διορθωμένος συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$ , ο δείκτης του Furnival (I) και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (ΜΤΣ) πρόβλεψης (υπολογίστηκε στα μοντέλα που κατασκευάστηκαν μετά την τυχαία διαίρεση του δείγματος) παρουσιάζονται στον πίνακα III.

#### 4. Συζήτηση - συμπεράσματα

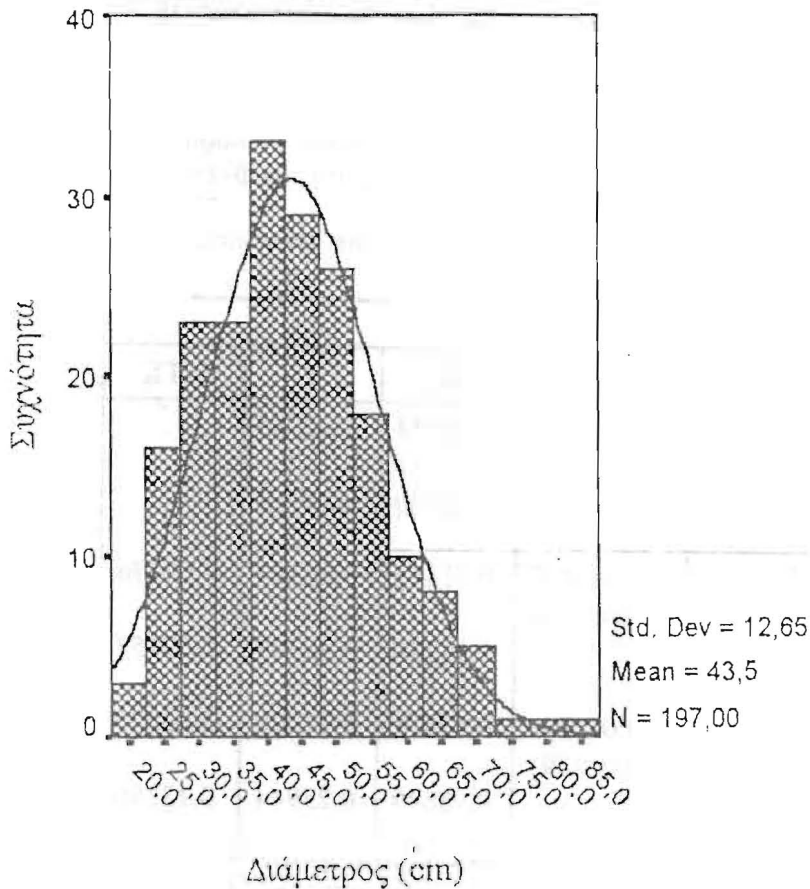
Η κατανομή διαμέτρων του δείγματος των δένδρων υλοτομίας είναι μια μονοκόρυφη κατανομή όπως φαίνεται στο Σχήμα 5 εντελώς διαφορετική από την φθίνουσα κατανομή των διαμέτρων στα κηπευτά ή υποκηπευτά τμημάτων του ΠΔΠ. Οι κατανομές των  $\delta V$  και  $\delta W$  είναι παρόμοιες, με συντελεστή συσχέτισης 0,998.

Σε μέσο όγκο δένδρου  $1,74790 \text{ m}^3$  γίνεται υποεκτίμησή του κατά  $0,08126 \text{ m}^3$  (4,65%) και κατά 1411 δρχ (4,91%) υποεκτίμηση της αξίας του. Λαμβάνοντας δε υπόψη ότι το ετήσιο λήμμα του ΠΔΠ ανέρχεται σε 8000



Σχήμα 4. Θηκογράμματα κατά βαθμίδες διαμέτρου των αποκλίσεων όγκου (Θ1) και αξίας (Θ2) των δένδρων υλοτομίας

Figure 4. Boxplots on deameter groups of volume (Θ1) and value deviations (Θ2) of cutting trees.



Σχήμα 5. Κατανομή διαμέτρων ενός τυχαίου δείγματος των δένδρων υλοτομίας των δασικών τμημάτων 103, 105 και 520 του ΠΔΠ.

Figure 5. Diametr's distribution of a random sample cutting trees of forest sections 103, 105 and 520 at University Forest of Pertouli.

– 8500 m<sup>3</sup> φαίνεται ότι τελικά γίνεται υποεκτίμηση της αξίας του ξυλώδη όγκου κατά 11.300.000 – 12.000.000 δρχ στον ετήσιο προϋπολογισμό. Αν και το μέγεθος της υποεκτίμησης των αποκλίσεων και στις δύο περιπτώσεις φαίνεται να μην υπερβαίνει το 5%, εν τούτοις η μεταβλητότητά τους παρουσιάζεται εξαιρετικά μεγάλη με συντελεστές κύμανσης (cv) 415,37% για την δV και 387,80% για την δW. Αυτό σημαίνει μεγάλες σχετικά τιμές των τυπικών τους αποκλίσεων (s) ως προς τις μέσες τιμές. Η ανομοιογένεια της διασποράς των δV και δW κατά κλάσεις διαμέτρου όπως φαίνεται στα θηκογράμματα (Σχήμα 4) ήταν αναμενόμενη και είναι αποτέλεσμα του τρόπου ορισμού των δύο μεταβλητών.

Το προσημικό κριτήριο Wilcoxon εφαρμόζεται στην περίπτωση των συμμετρικών συνεχών κατανομών (Montgomery and Runger 1994), υπόθεση που ισχύει και για τις δύο μεταβλητές δV και δW. Στον έλεγχο, μηδενική υπόθεση είναι η  $H_0 : \mu_1 = \mu_2$  ή ισοδύναμα  $\delta_\mu = 0$  με εναλλακτική

την  $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ , ή  $\delta_\mu \neq 0$ , όπου  $\mu$  ο μέσος όρος του πληθυσμού και  $\delta_\mu = \mu_1 - \mu_2$ . Το συμπέρασμα όπως αυτό προκύπτει από τα αποτελέσματα του πίνακα 2, είναι ότι δεν μπορούμε να δεχθούμε την υπόθεση των μηδενικών  $\delta V$  και  $\delta W$  σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha > 0,0005$ . Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχουν ισχυρές μαρτυρίες που να δείχνουν ότι οι μέσοι όροι των δύο όγκων  $V_\mu - V$  και των δύο αξιών  $W_\mu - W$  είναι ίσοι. Προτιμήθηκε το κριτήριο αυτό έναντι του απλού προσημικού κριτηρίου (sign test) γιατί δίνει περισσότερο «βάρος» στις μεγάλες διαφορές απ' ότι στις μικρές (Conover 1980).

Επειδή η ακριβέστερη εκτίμηση του όγκου των δένδρων υλοτομίας μπορεί να αποτελέσει τη βάση και για πιο ρεαλιστική στη συνέχεια εκτίμηση της αξίας τους, η ανάλυση προχώρησε σε ένα περαιτέρω βήμα κατασκευάζοντας μοντέλα πρόβλεψης του όγκου των δένδρων υλοτομίας. Με κριτήρια την απλότητα του μοντέλου, το χαμηλό κόστος κατασκευής του και την προηγούμενη εμπειρία εκτίμησης του όγκου στο ΠΔΠ επιλέχθηκαν:

1. Ένα από τα συνήθως χρησιμοποιούμενα μοντέλα με μόνη τη διάμετρο ως ανεξάρτητη μεταβλητή (Schreuder and Williams 1998)  $V_i = b_0 + b_1 d_i + b_2 d_i^2 + e_i$  και
2. Το διορθωτικό μοντέλο  $V_i = b_0 + b_1 V_{\mu_i} + e_i$ , το οποίο θα μπορούσε να αξιοποιήσει τις εκτιμήσεις του  $\mu$ .  
Και για τα δύο μοντέλα  $E e_i e_j = \sigma^2 (X_i)^k$ , για  $i=j$  και  $E e_i e_j = 0$  για  $i \neq j$ , όπου  $X_i = d_i$  για το πρώτο και  $X_i = V_{\mu_i}$  για το δεύτερο μοντέλο  $e_i$  και  $e_j$  τα σφάλματα, το  $k$  προσδιορίζει τη σχέση αύξησης της διασποράς των  $e_i e_j$ , ενώ  $b_0, b_1, b_2$  είναι οι συντελεστές των μοντέλων.

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται δύο ομάδες μοντέλων. Η μία περιλαμβάνει τα μοντέλα 1 και 2 τα οποία εκτιμήθηκαν από το σύνολο των 197 παρατηρήσεων του δείγματος. Προφανώς δεν υπάρχουν επιπλέον παρατηρήσεις για να υπολογιστεί το ΜΤΣ πρόβλεψης και να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο αξιολόγησης των μοντέλων. Με βάση το δείκτη του Furnival (I) προκύπτει ότι το μοντέλο 1 είναι καλύτερο του 2. Τα μοντέλα 1α και 2α εκτιμήθηκαν από το  $n_1 = 99$  υποδείγμα και τα ΜΤΣ πρόβλεψης υπολογίστηκαν από το  $n_2 = 98$  δεύτερο υποδείγμα. Το αντίθετο έγινε για τα μοντέλα 1β και 2β. Τα μοντέλα 1α και 2α προτιμώνται έναντι των 1β και 2β γιατί δίνουν μικρότερα ΜΤΣ πρόβλεψης. Στο μοντέλο 2α επειδή  $\beta_0 = 0$  προσαρμόστηκε το αντίστοιχο χωρίς

**Πίνακας III.** Οι εκτιμήσεις των συντελεστών των μοντέλων (σε παρένθεση τα τυπικά τους σφάλματα), οι διορθωμένοι συντελεστές προσδιορισμού, οι δείκτες του Furnival και τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα πρόβλεψης των μοντέλων\*\*.

**Table III.** The estimations of model co-efficient (the standard deviations in parenthesis), the determination co-efficients, the Furnival's index and the mean squared errors of models prediction\*\*.

Συντελεστές								
a/a	Μοντέλο	n	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$R^2$	I	ΜΤΣ
1	$V_i = b_0 + b_1 d_i + b_2 d_i^2$	197	0,210628 (0,103028)	-0,020915 (0,006383)	0,001192 (0,000093)	0,92744	0,22933	
2	$V_i = b_0 + b_1 V_{\mu_i}$	197	-0,026381 (0,018490)*	1,066377 (0,021622)		0,92540	0,24619	
1α	$V_i = b_0 + b_1 d_i + b_2 d_i^2$	99	0,380984 (0,165448)	-0,030613 (0,009817)	0,001305 (0,000138)	0,91443	0,26889	0,09376
2α	$V_i = b_0 + b_1 V_{\mu_i}$	99	-0,020352 (0,028218)*	1,044549 (0,032696)		0,91232	0,25787	0,09153
1β	$V_i = b_0 + b_1 d_i + b_2 d_i^2$	98	0,076876 (0,135976)*	-0,012626 (0,008694)*	0,001089 (0,000129)	0,93871	0,21790	0,40320
2β	$V_i = b_0 + b_1 V_{\mu_i}$	98	-0,031244 (0,024049)*	1,087197 (0,103028)		0,93649	0,25944	0,13290

\* υπάρχει σημαντικότητα στο  $\alpha=0,05$

\*\*  $n$  = βαθμοί ελευθερίας

$R^2$  = διορθωμένος συντελεστής προσδιορισμού

ΜΤΣ = μέσο τετραγωνικό σφάλμα

$b_0, b_1, b_2$  = εκτιμήσεις συντελεστών

I = δείκτης του Furnival

σταθερό όρο μοντέλο, το οποίο όμως εμφάνισε μεγαλύτερο (0,09456) ΜΤΣ πρόβλεψης. Σε όλα τα μοντέλα ικανοποιούνται οι υποθέσεις της κανονικότητας και της τυχαιότητας των καταλοίπων.

Από την όλη έρευνα προκύπτει ότι εφαρμόζοντας τον  $\mu_0$  στην εκτίμηση του όγκου των δένδρων υλοτομίας (τμήματα 103, 105 & 520) του ΠΔΠ γίνονται στατιστικά σημαντικές υποεκτιμήσεις του πραγματικού όγκου και της αξίας των δένδρων. Αν δεχθούμε ότι οι βιολογικές συνθήκες του δάσους παραμένουν ίδιες και οι τυχόν διαφορές στη μέτρηση του όγκου είναι αμελητέες, αυτό θα μπορούσε να οφείλεται κυρίως στη διαφορετική κατανομή διαμέτρων των δένδρων υλοτομίας αλλά και στα μεγαλύτερα σφάλματα των συντελεστών λόγω υπαρξης ανομοιογένειας της διασποράς.

Τα δύο μοντέλα πρόβλεψης του όγκου 1α και 2α δημιουργήθηκαν, αφού λήφθηκε υπόψη η ανομοιογένεια της διακύμανσης, και αξιολογήθηκαν με το μέσο τετραγωνικό σφάλμα πρόβλεψης μπορούν δε να εφαρμοστούν στα ίδια δασικά τμήματα από τα οποία προήλθαν τα δεδομένα.

Περαιτέρω έρευνα χρειάζεται να γίνει για την κατάρτιση αποτελεσματικών μοντέλων πρόβλεψης και σε άλλα δασικά τμήματα, με διερεύνηση στη συνέχεια της δυνατότητας αντικατάστασής τους από έναν μικρότερο αριθμό μοντέλων τα οποία θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σ' όλο το δάσος.

### Deviations of volume and value estimation of cutting trees in University Forest of Pertouli

J. J. Papadopoulos<sup>1</sup>, G. I. Stamatellos<sup>2</sup>, N.J. Stamou<sup>3</sup>

#### Abstract

The correct deviations of volume and value of the trees that are going to be cut in forest, are related with success application of the administrative planning directly and they will constitute essential base for realistic economic policies. The deviations of volume and value of trees with the application of Economoloulos volume - table in a big sample of cutting trees in three (3) forest sections of University Forest of Pertouli were evaluated and they have been found significant. From the same data with the Weight Least Square (WLS) regression method two effective prediction models were evaluated.

**KeyWords:** trees volume, trees value, cutting fir trees, prediction models, University Forest of Pertouli.

#### 5. Βιβλιογραφία

- Conover, W.J. 1980. Practical Nonparametric Statistics. 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley & Sons, Inc, USA 493 p.
- Hoaglin, D.C. Mosteller, F. and Tuckey, J.W. 1985. Exploring Data Tables, Trends and Shapes. J. Wiley & Sons, Inc., N.Y., 527 p.
- Μάτης, Κ.Γ., 1986. Μαζοπίνακες για την ελάτη Πετουλίου. Α.Π.Θ., Τμήμα Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Επιστημονική Επετηρίδα Τόμος ΚΘ/6: 325-368.
- Μάτης, Κ.Γ., 1994. Δασική Βιομετρία ΙΙ. Δενδρομετρία. Εκδόσεις Γ. Δεδούσης, Θεσσαλονίκη 458 σελ.
- Montgomery, D.C. and Runger, G.C. 1994. Applied Statistics and Probability for Engineers. John Wiley & Sons, Inc. New York 825p.
- Moran, P.A.P. 1972. Dividing a sample into two parts – A statistical dilemma. Sankhya A. 344 (2): 329-333.
- Μπόρα-Σέντα, Ε. και Μωυσίδης, Χ. 1990. Εφαρμοσμένη Στατιστική, Εκδ. Ζήτη. Θεσσαλονίκη. 269 σελ.
- Norusis, M. 1997. SPSS Professional Statistics 7.5. Chicago: SPSS Inc. 276 p.
- Οικονομόπουλος, Α. 1964. Η Δασοπονία Πετουλίου. Θεσσαλονίκη. 352 σελ.
- Pandey, R. Dhall, S.P. and Kumar, R. 1999. The Indian Forester 125 (12): 1224-1227.
- Παπαδόπουλος Ιωάννης, 1997. Εκτίμηση και πρόβλεψη της προσφοράς εμπορεύσιμου ξύλου του Πανεπιστημιακού Δάσους Πετουλίου σε συνδυασμό με τις ανάγκες της ξυλαγοράς. Διδακτορική διατριβή, Θεσσαλονίκη, 244 σελ.

<sup>1</sup> University Forest of Pertouli, 42032 Pertouli – Trikala, Greece

<sup>2</sup> Laboratory Forest Biometry, Forest and N. E Department, Auth, 54006 Thessaloniki

<sup>3</sup> Laboratory Forest Economics, Forest and N. E Department, Auth, 54006 Thessaloniki

- Philip, M.S. 1994 Measuring Trees and Forests 2<sup>nd</sup> ed. Cab International, UK. 310 p
- Schreuder, H.T. and Williams, M.S. 1998. Weighted linear regression using  $D^2H$  and  $D^2$  as the independent variables. USDA, For. Serv., Rocky Mountain Research Station, Res. Paper RMRS-RP-6. 10 p.
- Snee, R.D. 1977. Validation of regression model: Methods and examples. *Technometrics* 19: 415-428.
- Ταμείο Διοικήσεως και Διαχειρίσεως Πανεπιστημιακών Δασών, 1998. Διαχειριστικό σχέδιο Πανεπιστημιακού Δάσους Περτουλίου 1999-2008. Περούλι 221σελ
- Tuckey, J.W. 1977. Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley Publishing Company 688p
- Williams, M.S., Schreuder, H.T., Gregoire, T.G. and Bechtold 1992. Estimating variance functions for weighted linear regression. In: Milliken G.A. and Schwenke J.R. eds. Proceedings of the Kansas State University Conference an Applied Statistics in Agriculture, April 26-28, 1992, Manhattan, KS, Manhattan State Univ. p. 153-160.